

# 量子科学技術に関する研究開発課題の 事後評価結果

平成31年4月

科学技術・学術審議会

研究計画・評価分科会

## 量子科学技術委員会委員

|      | 氏名     | 所属・職名                         |
|------|--------|-------------------------------|
| 主査   | 雨宮 慶幸  | 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 物質系専攻 特任教授 |
| 主査代理 | 大森 賢治  | 自然科学研究機構 分子科学研究所 教授           |
|      | 飯田 琢也  | 大阪府立大学大学院 理学系研究科 准教授          |
|      | 岩井 伸一郎 | 東北大学大学院 理学研究科 教授              |
|      | 岩本 敏   | 東京大学 生産技術研究所 准教授              |
|      | 上田 正仁  | 東京大学大学院 理学系研究科 教授             |
|      | 城石 芳博  | 株式会社日立製作所 研究開発グループ 技術顧問       |
|      | 根本 香絵  | 国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系 教授      |
|      | 早瀬 潤子  | 慶應義塾大学 理工学部 准教授               |
|      | 平野 俊夫  | 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 理事長      |
|      | 美濃島 薫  | 電気通信大学 情報理工学研究科 教授            |
|      | 湯本 潤司  | 東京大学大学院 理学系研究科 教授             |

〔 ※ 本プログラムの参画研究者である委員は評価に加わっていない。 〕

# 最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラムの 概要

## 1. 課題実施期間及び評価実施時期

平成 20 年度～平成 29 年度

中間評価 平成 23 年度及び平成 27 年度、事後評価 平成 30 年度

## 2. 研究開発概要・目的

光科学技術は、物質・材料、バイオテクノロジー、情報通信、ものづくり等の基盤となるものであり、今後のイノベーション創出や産業競争力向上に不可欠なキーテクノロジーであるといえる。

本事業では、光科学技術の中で、特に、今後求められる新たな発想による最先端の光源や計測手法の研究開発を進めると同時に、このような先端的な研究開発の実施やその利用を行い得る光科学技術に関わる若手人材等の育成を図る。当該分野の研究開発能力を有する複数の研究機関がネットワーク研究拠点を構築し、産業界や他分野の研究機関等と密接に連携・協力することにより、光科学技術のシーズと各分野のニーズのマッチングを図る。

本ネットワーク研究拠点において策定される拠点構想は、以下の 3 点の内容を同時に具備するものとする。

- 1) 欧米の機器・手法に追従するのではない革新的手法による、新しい光源・計測法等の研究開発を目指すこと
- 2) 拠点を形成する大学等が協力して光科学技術に関する大学院教育カリキュラムをもつなど、次世代の光科学技術を担う若手人材を育成するための具体的なプログラムを実施すること
- 3) 最先端の光を十分に活用している研究者や研究機関等のユーザーと構想段階から連携することにより、開発する光源等の具体的な利用を明確化すること

採択課題－ 2 課題

先端光量子科学アライアンス (A P S A)

融合光新創生ネットワーク (C - P h o S T)

## 3. 研究開発の必要性等

### 【必要性】

光科学技術は、ナノテクノロジーをはじめ、ライフサイエンス、IT、環境等の広範な科学技術や微細加工等の産業応用に必要不可欠な基盤技術である。最先端の光源や計測手法の研究開発を進めるとともに、光科学技術の将来を担う若手人材の育成を図るためには、先進的な光の要素技術に関しての我が国のポテンシャルと他分野のニーズを結合させ、産学官の多様な研究者が連携・融合するための研究・人材育成拠点の形成が必要である。

### 【有効性】

本拠点に参加する光科学技術分野の大学・研究機関間の連携により、最先端の光源や計測手法の研究開発や光科学技術の将来を担う若手人材の育成が一層効果的に進展するとともに、光科学技術分野を中心とした産業界、ユーザー研究者との連携・融合へと展開することも期待できる。

### 【効率性】

本拠点は、全国に散在している光科学技術に関する研究者や研究機関の有するポテンシャルを結集し、既存の資源を効率的・効果的に活用するものである。また、本プログラムにおける拠点間の協力関係を強化するため、専門的知見を有する専門家を総括プログラムオフィサー（総括PO）・プログラムオフィサー（PO）として置き、別の拠点の活動で得られた経験や知見を共有し活用するなど、プログラム全体として優れた成果が出るような体制を整備している。

## 4. 予算（執行額）の変遷

| 年度  | H20(初年度) | H21    | H22    | H23    | H24    |
|-----|----------|--------|--------|--------|--------|
| 予算額 | 764 百万   | 775 百万 | 742 百万 | 652 百万 | 701 百万 |
| 執行額 | 764 百万   | 775 百万 | 742 百万 | 652 百万 | 701 百万 |

| 年度  | H25    | H26    | H27    | H28    | H29    | 総額       |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| 予算額 | 701 百万 | 548 百万 | 506 百万 | 587 百万 | 566 百万 | 6,542 百万 |
| 執行額 | 701 百万 | 548 百万 | 506 百万 | 587 百万 | 566 百万 | 6,542 百万 |

## 5. 課題実施機関・体制

総括プログラムオフィサー（総括PO） 加藤 義章 光産業創成大学院大学 学長（当時）  
プログラムオフィサー（PO） 藪崎 努 京都大学 名誉教授  
八木 重典 科学技術振興機構 プログラムマネージャー  
（平成20年度～平成25年度） 佐野 雄二 内閣府 ImPACT プログラムマネージャー

### 【先端光量子科学アライアンス（APSA）】

研究代表者 東京大学 教授（当時）五神 真（平成20年度～平成26年度）  
特任教授 三尾 典克（平成27年度～平成29年度）

代表機関 東京大学

参画機関 理化学研究所、電気通信大学、慶応義塾大学、東京工業大学

### 【融合光新創生ネットワーク（C-PhoST）】

研究代表者 大阪大学 教授 兒玉 了祐

代表機関 原子力研究開発機構（平成20年度～平成24年度）

大阪大学（平成25年度～平成29年度）

参画機関 京都大学、自然科学研究機構分子科学研究所、量子科学技術研究開発機構

# 事後評価票

(平成31年2月現在)

1. 課題名 最先端の光の創成を目指したネットワーク研究拠点プログラム

2. 研究開発計画との関係

施策目標：未来社会を見据えた先端基盤技術の強化

大目標（概要）：

人々に豊かさをもたらす「超スマート社会」の実現に向けた取組を強力に推進し、世界に先駆けて実現するため、新たな価値創出のコアとなる基盤技術について強化を図る。

中目標（概要）：

内外の動向や我が国の強みを踏まえつつ、中長期的視野から、21世紀のあらゆる分野の科学技術の進展と我が国の競争力強化の根源となり得る量子科学技術の研究開発及び成果創出を推進する。

重点的に推進すべき研究開発の取組（概要）：

Society 5.0 関連技術を横断的に強化していくために、量子科学技術を支える共通的な基盤技術の研究開発を長期的視点に立ち推進する。

本課題が関係するアウトプット指標：

論文数、若手の関連事業参画数

|        | 論文数 | 新規若手参画者数（人） |
|--------|-----|-------------|
| 平成27年度 | 228 | 93          |
| 平成28年度 | 220 | 97          |
| 平成29年度 | 227 | 103         |

本課題が関係するアウトカム指標：

優れた研究成果の創出状況

- ・光格子時計による相対論的重力効果の検出
- ・フォトリック結晶面発光レーザーは高出力化

3. 評価結果

(1) 課題の達成状況

<必要性>

評価項目

科学的・技術的意義（独創性、革新性、先導性、等）、国費を用いた研究開発としての意義（若手研究者の育成、科学コミュニティの活性化等）

評価基準

- ・光科学技術における新たな発想による最先端の光源や計測手法の研究開発が推進できたか
- ・先端的な研究開発の実施やその利用を行い得る光科学技術に関わる若手人材等の育

成は達成されたか

本事業は、光源や計測手法に関し、世界に比肩あるいは超える多くの独創的成果を得たことから、我が国の光科学技術の発展に多大な貢献をした。さらに、ここで培われた独創的な研究は国際的にも光科学技術に大きな影響を与えたと評価できることから、本事業の必要性が認められる。

また、10年間という長期の事業として実施されたことにより、若手研究者が落ち着いて研究に取り組むことが可能になり人材の厚みが増し、科学コミュニティが活性化され、多くの優れた研究成果が得られる基盤が構築されたと評価できることから、本事業の必要性が認められる。

#### 【先端光量子科学アライアンス（APSA）】

研究開発の成果として、世界最高精度（18桁）光格子時計とそのネットワーク接続が実現され、次世代周波数標準、相対論測地など、超高精度光を広く利用する計測技術基盤が確立された。また、次世代レーザーに必要とされる高出力化・波長域拡大に適した新型セラミックレーザー、円偏光発光・受光ダイオードなど、最先端の光源が開発された。

若手人材育成の成果として、10年間という長期事業の特徴を活かし、世界市場から公募した優秀な若手人材が優れた研究成果を挙げ昇任に至る等、研究に専念する環境や制度が構築された。

#### 【融合光新創生ネットワーク（C-PhoST）】

研究開発の成果として、日本独自技術である高品質フォトリソグラフィ結晶面発光レーザー（PCSEL）光源の高出力化と、その学術的基礎が確立され、産業利用が見通せる段階に至った。また、電子振動波束のアト秒精度量子制御、分子コンピュータ原理実証など、量子科学研究の飛躍的な展開に資する研究成果が得られた。さらに、新規開発レーザーによる高エネルギー密度状態生成とそのXFEL計測など、高強度光科学に関し世界を先導する成果が得られた。

若手人材育成の成果として、産業界との交流を図る光科学フォーラムサミット（100社以上が参画）などが実施された。

### <有効性>

#### 評価項目

新たな知の創出への貢献、人材の養成

#### 評価基準

- ・光科学技術に関する高度なポテンシャルを有し、互いの特性や機能を補完することが可能な複数の研究機関が、明確な役割分担の下に、緊密な連携・協働体制が構築されたか
- ・参画機関の連携・協力により、次世代の光科学技術分野を担う若手研究者を積極的に育成するための効果的なプログラムを策定・実施されたか

本事業を通じて異なる機関、異なる分野の研究者が緊密な連携・協働体制のもと、新たな知を創出するネットワーク型研究拠点を形成することで、革新的手法による新しい光源等の研究成果が得られたことから、本事業の有効性が認められる。

ネットワーク型研究拠点のもと、非常に広い分野の若手研究者の教育を同じ土俵で行うことにより、異なった分野の研究者、学生達に交流をもたらし、次世代の光科学技術を担う若手研究者の養成ができたことから、本事業の有効性が認められる。

#### 【先端光量子科学アライアンス（APSA）】

研究開発の成果として、複数の参画機関による世界初の高強度高繰り返し広帯域コヒーレント光源「フォトンリング」を実現した。

若手人材育成の成果として、機関連携により、参画機関の持ち回りで開催した先端光量子科学アライアンスセミナー（計 38 回）や、企業 22 社の参画による先端レーザー科学教育研究コンソーシアム（CORAL）での参画機関による単位互換制度や講義など緊密な連携・協働体制を確立した。CORAL に基づき、「先端光科学入門」、「先端光科学入門 2」が出版された。

#### 【融合光新創生ネットワーク（C-PhoST）】

研究開発の成果として、参画機関の機関間連携による、世界で最も効率的なレーザープラズマ加速の実現、及び世界初のレンズフリーPCSEL 励起の小型・高性能固体レーザーシステムの開発など、各種先進的な光源開発に関する成果が得られた。

若手人材育成の成果として、光科学に関する部局横断カリキュラム、テレビ会議システムを用いた高校への遠隔講義配信などが実施された。また、部局横断カリキュラムに基づき、「光科学の世界」が出版された。これらのプログラムにより若手人材が養成された。

### <効率性>

#### 評価項目

計画・実施体制の妥当性

#### 評価基準

- ・適切かつ効率的な計画・実施体制であったか
- ・参画する研究機関が密に連携する体制を構築できたか

本事業全体の運営として、拠点運営委員会（拠点毎、年 2 回）、サイトビジット等において、総括 P0 及び P0 がそれぞれの専門性を活かした役割分担のもと、各拠点内の研究の進捗管理、計画検討などを実施した。加えて総括 P0 及び P0 は各拠点の研究進捗状況等に応じた予算配分を実施しており効率的な運営が実施されたと認められる。

また、本事業と並行して実施された光科学に関する戦略的創造研究推進事業（CREST、さきがけ）と連携し、公開の合同シンポジウムを毎年開催しており、他事業との相乗効果を生み出している点においても、効率的な運営が実施されたと認められる。

## (2) 総合評価

### ①総合評価

本事業により、世界最高精度（18桁）光格子時計や高出力フォトニック結晶レーザーなどのトップレベルの研究成果を数多く生み出し、光科学技術が大きく進歩したと評価できる。

さらに、各拠点において光科学技術に関する機関や部局を超えた教育プログラムや、産業界との交流の仕組みが形成されることで、次世代の光科学技術を担う若手の人材の厚みが増し、世界最先端の優れた研究成果が得られる基盤が構築されるとともに、産業技術として光が社会における大きな役割を担う基礎作りに資することとなったと評価できる。

また、参画機関の研究者が共同で研究を実施するネットワーク型研究拠点を形成することで、各機関の特徴・強みを活かした革新的な研究成果が生み出されたり、多様な人材育成プログラムが実施されたりしており、ネットワーク型研究拠点を構築する有効性があると評価できる。

これらの成果を踏まえると、本事業の目標は十分に達成されたと考えられる。

### ②評価概要

本プログラムでは異なる機関、異なる分野の研究者がネットワークを構成し、緊密に連携し、革新的手法による新しい光源・計測法等の研究開発に取り組みながら、人材育成のために、若手研究者の教育にも熱心に取り組んでいる。

その結果、超高精度光格子時計、フォトンリング、アト秒科学、高出力フォトニック結晶レーザー、超高密度物質創成、超高速量子シミュレータ、各種先進的光源など多様な最先端の成果が生まれたとともに、優秀な人材が輩出されたと考えられる。

## (3) 今後の展望

光科学技術は、近年のノーベル賞の対象となった様々な研究において、極めて重要な基盤実験・観測手段となっている。本プログラムにおける若手の教育は、このような基盤科学技術を根本的に習得するもので、将来の様々な新しい挑戦的な研究に取り組む上で非常に重要になると考えられる。本事業の終了後、その一部が光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）に引き継がれているが、本事業で構築された教育システムが継続・発展していくことを期待する。その際、新たな価値創造や社会にイノベーションをもたらす高度な博士人材を育成できる取組みも併せて行い、優秀な学生が博士課程に積極的に進学するような環境が構築されることを期待する。

また、本事業で生み出された優れた研究成果が、未来社会創造事業や戦略的イノベーション創造プログラム等において引き継がれており、引き続き世界トップレベルの研究成果を創出するとともに、社会的課題の解決に大きく貢献することを期待する。さらに、光科学技術に関して、日本全体の研究レベルのさらなる向上を図ることができるよう取組みを期待する。